

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-032939

(43)Date of publication of application : 31.01.2003

(51)Int.Cl.

H02K 3/52
H02K 1/14
H02K 1/18
H02K 1/22
H02K 1/27
H02K 3/34
H02K 15/02
H02K 21/16

(21)Application number : 2001-210071

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 11.07.2001

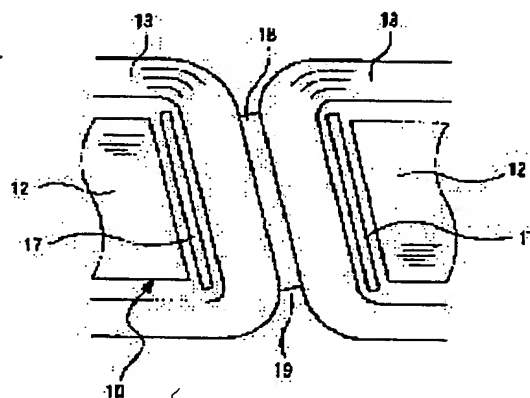
(72)Inventor : HIWAKI EIJI
ASANO YOSHINARI
KATAOKA HISAKAZU
HASHIMOTO SUNAO
OKUYAMA SHINICHI
MURAKAMI HIROSHI

(54) ELECTRIC MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control vibrations and noise that arise when a concentrated winding electric motor is operated, and to provide a high efficiency electric motor of less vibrations and low noise.

SOLUTION: Skews are formed on at least either a stator 10, having concentrated windings or a rotor 20. Windings 13 of different phases are made to contact each other, by inserting a wire-wound vibration suppressor 18 between the windings inside grooves 19 for the windings.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-32939

(P2003-32939A)

(43)公開日 平成15年1月31日(2003.1.31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
H 0 2 K 3/52		H 0 2 K 3/52	Z 5 H 0 0 2
1/14		1/14	Z 5 H 6 0 4
1/18		1/18	B 5 H 6 1 5
1/22		1/22	A 5 H 6 2 1
1/27	5 0 1	1/27	5 0 1 K 5 H 6 2 2
審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-210071(P2001-210071)

(22)出願日 平成13年7月11日(2001.7.11)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 松脇 英治

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 浅野 能成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100068087

弁理士 森本 義弘

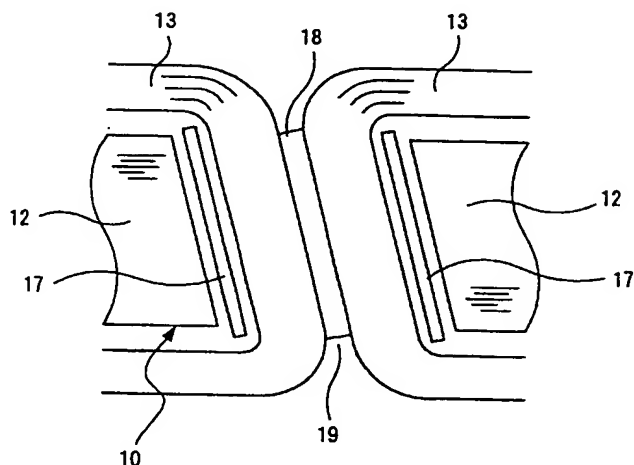
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動機

(57)【要約】

【課題】 集中巻電動機の運転時の振動、騒音を抑制することであり、高効率で低振動、低騒音である電動機を提供することを目的とする。

【解決手段】 集中巻線を施してなる固定子10および回転子20の少なくとも一方にスキューを形成し、巻線用溝19内で異なる相の巻線13同士の間、巻線制振体18を挿入して接触させたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】環状のヨークと前記ヨークの内周部に略等間隔に略半径方向に配置された複数のティースを有して隣接するティースの間に巻線用溝が設けられ前記ティースに集中巻線を施してなる固定子と、前記固定子の内周に僅かな空隙を介して対向し回転自在に保持された回転子により構成される電動機において、前記固定子と前記回転子の少なくとも一方にスキューが形成され、かつ前記巻線用溝内の前記巻線間に巻線制振体を挿入した電動機。

【請求項 2】巻線制振体を、非磁性体あるいは導電率： σ が $\sigma < 1 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$ の材料で構成した請求項 1 記載の電動機。

【請求項 3】巻線制振体の熱膨張係数： α が、 $\alpha > 1 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ である請求項 1 または請求項 2 の何れかに記載の電動機。

【請求項 4】前記回転子には回転子鉄心の内部に永久磁石が埋め込まれている請求項 1 ～請求項 3 の何れかに記載の電動機。

【請求項 5】回転子スキューは、回転子軸方向に磁石埋め込み孔が設けられ、かつ回転子軸方向に少なくとも 2 つに分割された回転子鉄心ユニットが、それぞれの前記磁石埋め込み孔に永久磁石を埋め込むとともに円周方向に任意の角度回転させ一体に形成された回転子鉄心に形成されている請求項 4 に記載の電動機。

【請求項 6】回転子鉄心の軸方向分割、および回転子鉄心ユニットを円周方向への回転角度は回転子鉄心ユニットごとに等間隔であることを特徴とする請求項 5 に記載の電動機。

【請求項 7】前記回転子の極数が N_p である場合、固定子と回転子により形成される相対的なスキュー角度が、 4° 以上、 $(120/N_p)^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の電動機。

【請求項 8】前記巻線が自己融着電線からなることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の電動機。

【請求項 9】前記固定子が、打ち抜いた電磁鋼板を積層してなり、スキュー角度を θ_s 、電磁鋼板の積層枚数を N_s としたとき、打ち抜いた電磁鋼板の外周部付近に、回転中心に対して $\theta_h = \theta_s \div N_s$ ($^\circ$) ピッチの小穴を少なくとも同一円周上に N_s 個設けた請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の電動機。

【請求項 10】前記固定子が、打ち抜いた電磁鋼板を積層してなり、スキュー角度を θ_s としたとき、打ち抜いた電磁鋼板の外周部付近に、回転中心に対して、 $\theta_h = \theta_s + \alpha$ ($^\circ$) の角度にわたって同一円周上に伸びた長孔を設けた請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の電動機。

【請求項 11】固定子鉄心の外周に溝または突起を形成し、かつ内周に固定子鉄心の外周の前記溝または前記突

起に対応してスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起または溝を形成した円筒枠を固定子鉄心に係合させてスキューを形成した請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の電動機。

【請求項 12】請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の電動機を搭載した密閉型圧縮機。

【請求項 13】電動機の固定子は、ティースに対応した固定子鉄心の外周に冷媒通路用の切り欠きを形成した請求項 12 に記載の密閉型圧縮機。

10 【請求項 14】請求項 10 に記載の電動機を用いた密閉型圧縮機であって、前記円筒枠が密閉型圧縮機のシェルを兼ねていることを特徴とする密閉型圧縮機。

【請求項 15】冷媒として HFC または自然冷媒を使用したことを特徴とする請求項 12 から請求項 14 のいずれかに記載の密閉型圧縮機。

【請求項 16】電動機の巻線の端子間にかかる電圧が 50 ボルト以下であることを特徴とする請求項 12 から請求項 15 のいずれかに記載の密閉型圧縮機。

20 【請求項 17】請求項 12 から請求項 16 のいずれかに記載の密閉型圧縮機を用いたことを特徴とする冷凍サイクル。

【請求項 18】請求項 13 から請求項 16 のいずれかに記載の密閉型圧縮機を用いたことを特徴とする空気調和機。

【請求項 19】請求項 18 に記載の空気調和機を搭載したことを特徴とする自動車。

30 【請求項 20】請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の電動機をアクチュエータとして搭載し、かつ前記電動機の巻線の端子間にかかる電圧が 50 ボルト以下であることを特徴とする自動車。

【請求項 21】請求項 9 記載の電動機を製造するに際し、電磁鋼板に形成された前記小穴を 1 つずつずらしながら前記電磁鋼板を積層し、積層された電磁鋼板の前記小穴にピンを挿通して前記電磁鋼板を固定してスキューが形成された固定子を製造する電動機の製造方法。

40 【請求項 22】請求項 10 記載の電動機を製造するに際し、打ち抜いた電磁鋼板の前記長孔にピンを挿通して積層し、固定子の下層に対して上層を軸心回りに捻って固定子にスキューを形成し、積層された電磁鋼板の外周を溶接または接着あるいは加圧によりが固定して固定子を製造する電動機の製造方法。

【請求項 23】請求項 11 記載の電動機を使用した密閉型圧縮機を製造するに際し、固定子鉄心の外周に溝または突起を形成し、かつ内周に固定子鉄心の外周の前記溝または前記突起に対応してスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起または溝を形成した円筒枠の密閉型圧縮機シェルに固定子鉄心を係合させてスキューを形成する密閉型圧縮機の製造方法。

50 【請求項 24】請求項 11 記載の電動機を使用した密閉型圧縮機を製造するに際し、固定子鉄心の外周に溝また

は突起を形成し、円筒枠でその円周方向に少なくとも2以上に分割でき内周に固定子鉄心の外周の前記溝または前記突起に対応してスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起または溝を形成した治具に、固定子鉄心を係合させてスキューを形成し、スキューが形成された固定子を前記治具から取り外して密閉型圧縮機シェルの内側に取り付ける密閉型圧縮機の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低騒音、低振動を実現する集中巻電動機およびそれを用いた密閉型圧縮機などに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、エアコンや冷蔵庫の圧縮機などに使用される集中巻電動機は、図10～図12に示すように構成されている。

【0003】これは、固定子60とその内側で回転自在に支持された回転子80からなり、図10と図12に示す固定子60は、固定子鉄心61を積層して構成されている。この固定子鉄心61は、巻線が施されるティース62と、ティース62の外周部をつなぐ略環状のヨーク64から形成されている。ティース62の先端には、固定子鉄心内径部に沿って周方向に突出したティース先端突出部65が形成されている。

【0004】固定子鉄心61に設けられた6本のティース62に施される巻線は、図*6では3相巻線63U、63V、63Wで表されているが、この3相巻線63U、63V、63Wの寸法形状は正確に表記されていない。正確に寸法形状を表記すると、図11に示すように巻装されている。

【0005】図11は図10のX-X'線に沿う断面図で、3相巻線63U、63V、63Wを表す巻線63は、フィルム状または樹脂成形されたインシュレータからなる絶縁物67を介して固定子鉄心の前記ティース62に施されている。

【0006】3相巻線63U、63V、63Wは、互いにスター結線されており、同時に3相中の2相が通電して駆動される120°矩形波通電である。また、印加電圧はPWM制御によって変化させられる。

【0007】また、この形状の固定子鉄心61は、スキューを形成せずに軸方向にまっすぐに積層されている。固定子鉄心61の外周に形成された切り欠き66は、固定子60が圧縮機のシェル90の内側に焼きばめ圧入された状態で、前記シェル90と固定子鉄心61との間に貫通孔として作用することになり、冷媒の通路となる。

【0008】回転子80は、固定子60の内側に、固定子60と同心円状に、回転自在に保持されている。回転子80は、回転子鉄心81に永久磁石82が埋め込まれている。回転子鉄心81の両端には端板（図示せず）が取り付け、回転子鉄心に設けられた貫通孔にリベット

（図示せず）を通しかしめることで、両端の端板が固定されている。また、軸孔83にはシャフトが入る。

【0009】したがって、回転子80は固定子60に施された3相巻線63U、63V、63Wに流れる電流による回転磁界によって、マグネットトルクとリラクタンストルクとを合わせた回転力によって、前記シャフトを中心に回転する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、スキューを形成せずに、軸方向にまっすぐに積層される固定子60では、互いに隣接したティース先端突出部65の間に、作用する互いに引き合うあるいは反発する応力が増加するために、分布巻に比べて振動が増加する傾向にある。これには、回転方向の振動のみならず、半径方向の振動も大きく影響を及ぼしている。

【0011】特に、PWM制御を行う場合、さらには3相中2相のみに通電する120°矩形波通電では振動の増加が顕著であった。これは、正弦波駆動に比べて、巻線に流れる電流に高調波を多く含むためである。また、120°矩形波通電では、電流の変化が急峻であることから、ティース先端突出部には強い加振力が発生し、振動が増大する。

【0012】回転力のムラを低減し、振動低減を図る方法として、スキュー形成が有効であることが従来から知られている。スキューは固定子についてのみならず、例えば、特開2000-175380号には、回転子、または固定子と回転子との両方へのスキュー形成について開示されており、スキューを形成することによって前述の図10に示す集中巻電動機に発生する振動を低減することが可能である。

【0013】しかし、固定子にスキューを形成することにより、回転力のムラを低減させると共に、固定子鉄心を、ヨークを形成する円環の内径にティースを形成するリブを有する形状を考えた場合には、スキューによりリブが斜めになり、円環振動の発生を低減することはできるが、単に固定子にスキューすることのみでは、完全になくすことは不可能である。そして、発生するわずかな円環振動に対して、非接触状態で同一巻線用溝内に収納される巻線は質量となり、振動を増幅させていることが判明した。

【0014】本発明は、集中巻電動機の運転時の振動、騒音を抑制することであり、高効率で低振動、低騒音である電動機を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の電動機は、集中巻線を施してなる固定子と回転子の少なくとも一方にスキューを形成し、かつ前記巻線用溝内の前記巻線間に巻線制振体が前記巻線と直接または絶縁物を介して接触するように挿入し、巻線用溝内の巻線を巻線制振体で支持したものである。

【0016】また、極数が N_p である場合、固定子と回転子により形成される相対的なスキュー角度が、 4° 以上 $(120/N_p)^\circ$ 以下としたものである。このような構成により、集中巻線電動機の運転時の振動、騒音を抑制した高効率の電動機を実現できる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の電動機は、環状のヨークと前記ヨークの内周部に略等間隔に略半径方向に配置された複数のティースを有して隣接するティースの間に巻線用溝が設けられ前記ティースに集中巻線を施してなる固定子と、前記固定子の内周に僅かな空隙を介して対向し回転自在に保持された回転子により構成される電動機において、前記固定子と前記回転子の少なくとも一方にスキューが形成され、かつ前記巻線用溝内の前記巻線間に巻線制振体を挿入したことを特徴とする。

【0018】この構成によると、巻線の占積率が低い場合であっても、巻線用溝内で巻線を巻線制振体で支持することで、固定子の強度を向上させ、巻線の振動を抑制または減衰できる。固定子にスキューを形成するだけでなく回転子にもスキューを形成した場合には、固定子に形成するスキュー角度を小さくしてもコギングトルクおよびトルク脈動を低減できる。

【0019】本発明の請求項2に記載の電動機は、請求項1において、巻線制振体を、非磁性体あるいは導電率： σ が $\sigma < 1 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$ の材料で構成したことを特徴とする。

【0020】本発明の請求項3に記載の電動機は、請求項1または請求項2において、巻線制振体の熱膨張係数： α が、 $\alpha > 1 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ であることを特徴とする。この構成によると、固定子鉄心よりも熱膨張係数を大きくすることで、電動機運転時の発熱によってティース間をより強固に保持できる。

【0021】本発明の請求項4に記載の電動機は、請求項1～請求項3において、前記回転子には回転子鉄心の内部に永久磁石が埋め込まれていることを特徴とする。この構成によると、永久磁石によるマグネットトルクとロータの突極性に起因するリラクタンストルクを有効に利用できる。

【0022】本発明の請求項5に記載の電動機は、請求項4において、回転子スキューは、回転子軸方向に磁石埋め込み孔が設けられ、かつ回転子軸方向に少なくとも2つに分割された回転子鉄心ユニットが、それぞれの前記磁石埋め込み孔に永久磁石を埋め込むとともに円周方向に任意の角度回転させ一体に形成された回転子鉄心に形成されていることを特徴とする。この構成によると、永久磁石の漏れ磁束を低減できる。

【0023】本発明の請求項6に記載の電動機は、請求項5において、回転子鉄心の軸方向分割、および回転子鉄心ユニットを円周方向への回転角度は回転子鉄心ユニ

ットごとに等間隔であることを特徴とする。この構成によると、部品点数を削減できる。

【0024】本発明の請求項7に記載の電動機は、請求項1～請求項6において、前記回転子の極数が N_p である場合、固定子と回転子により形成される相対的なスキュー角度が、 4° 以上、 $(120/N_p)^\circ$ 以下であることを特徴とする。この構成によると、固定子、回転子鉄心の円環振動を抑制できる。また、固定子および回転子にスキューを形成した場合、各々に形成すべきスキュー角度を小さくできる。

【0025】本発明の請求項8に記載の電動機は、請求項1～請求項7において、前記巻線が自己融着電線からなることを特徴とする。この構成によると、巻線および固定子鉄心を含めた固定子の剛性が向上できる。

【0026】本発明の請求項9に記載の電動機は、請求項1～請求項8において、前記固定子が、打ち抜いた電磁鋼板を積層してなり、スキュー角度を θ_s 、電磁鋼板の積層枚数を N_s としたとき、打ち抜いた電磁鋼板の外周部付近に、回転中心に対して $\theta_h = \theta_s \div N_s (^\circ)$ ピッチの小穴を少なくとも同一円周上に N_s 個設けたことを特徴とする。この構成によると、固定子鉄心のスキュー角度を、容易に精度良く固定できる。

【0027】本発明の請求項10に記載の電動機は、請求項1～請求項8において、前記固定子が、打ち抜いた電磁鋼板を積層してなり、スキュー角度を θ_s としたとき、打ち抜いた電磁鋼板の外周部付近に、回転中心に対して、 $\theta_h = \theta_s + \alpha (^\circ)$ の角度にわたって同一円周上に伸びた長孔を設けたことを特徴とする。この構成によると、固定子鉄心のスキュー角度を、容易に精度良く固定できる。

【0028】本発明の請求項11に記載の電動機は、請求項1～請求項8において、固定子鉄心の外周に溝または突起を形成し、かつ内周に固定子鉄心の外周の前記溝または前記突起に対応してスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起または溝を形成した円筒枠を固定子鉄心に係合させてスキューを形成したことを特徴とする。この構成によると、固定子のスキュー角度を、容易に精度良く固定できる。

【0029】本発明の請求項12に記載の密閉型圧縮機は、請求項1から請求項10のいずれかに記載の電動機を搭載したことを特徴とする。この構成によると、低振動、低騒音の密閉型圧縮機を実現できる。

【0030】本発明の請求項13に記載の密閉型圧縮機は、請求項12において、電動機の固定子は、ティースに対応した固定子鉄心の外周に冷媒通路用の切り欠きを形成したことを特徴とする。この構成によると、磁束が通過するために必要な磁路を確保しつつ、固定子が圧縮機のシェルに焼きばめ圧入された時、圧縮機のシェルと固定子鉄心との間に冷媒通過用の貫通孔を形成できる。

【0031】本発明の請求項14に記載の密閉型圧縮機

は、請求項 10 に記載の電動機を用いた密閉型圧縮機であって、前記円筒枠が密閉型圧縮機のシェルを兼ねていることを特徴とする。この構成によると、固定子にスキューを形成するための特別な治具を必要せず、組立工数を削減できる。

【0032】本発明の請求項 15 に記載の密閉型圧縮機は、請求項 12～請求項 14 において、冷媒として HFC または自然冷媒を使用したことを特徴とする。この構成によると、環境負荷を低減できる。

【0033】本発明の請求項 16 に記載の密閉型圧縮機は、請求項 12～請求項 15 において、電動機の巻線の端子間にかかる電圧が 50 ボルト以下であることを特徴とする。この構成によると、バッテリー駆動が可能な、低振動、低騒音の密閉型圧縮機を実現できる。

【0034】本発明の請求項 17 に記載の冷凍サイクルは、請求項 12 から請求項 16 のいずれかに記載の密閉型圧縮機を用いたことを特徴とする。この構成によると、低振動、低騒音の冷凍サイクルを実現できる。

【0035】本発明の請求項 18 に記載の空気調和機は、請求項 13 から請求項 16 のいずれかに記載の密閉型圧縮機を用いたことを特徴とする。この構成によると、低振動、低騒音の空気調和機を実現できる。

【0036】本発明の請求項 19 に記載の自動車は、請求項 18 に記載の空気調和機を搭載したことを特徴とする。この構成によると、低振動、低騒音の自動車を実現できる。

【0037】本発明の請求項 20 に記載の自動車は、請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の電動機をアクチュエータとして搭載し、かつ前記電動機の巻線の端子間にかかる電圧が 50 ボルト以下であることを特徴とする。この構成によると、低振動、低騒音の自動車を実現できる。

【0038】本発明の請求項 21 に記載の電動機の製造方法は、請求項 9 に記載の電動機を製造するに際し、電磁鋼板に形成された前記小穴を 1 つずつずらしながら前記電磁鋼板を積層し、積層された電磁鋼板の前記小穴にピンを挿通して前記電磁鋼板を固定してスキューが形成された固定子を製造することを特徴とする。

【0039】本発明の請求項 22 に記載の電動機の製造方法は、請求項 10 に記載の電動機を製造するに際し、打ち抜いた電磁鋼板の前記長孔にピンを挿通して積層し、固定子の下層に対して上層を軸心回りに捻って固定子にスキューを形成し、積層された電磁鋼板の外周を溶接または接着あるいは加圧により固定して固定子を製造することを特徴とする。

【0040】本発明の請求項 23 に記載の密閉型圧縮機の製造方法は、請求項 11 に記載の電動機を使用した密閉型圧縮機を製造するに際し、固定子鉄心の外周に溝または突起を形成し、かつ内周に固定子鉄心の外周の前記溝または前記突起に対応してスキュー角度だけ軸方向の回

り方向に捻られた突起または溝を形成した円筒枠の密閉型圧縮機シェルに固定子鉄心を係合させてスキューを形成することを特徴とする。

【0041】本発明の請求項 24 に記載の密閉型圧縮機の製造方法は、請求項 11 に記載の電動機を使用した密閉型圧縮機を製造するに際し、固定子鉄心の外周に溝または突起を形成し、円筒枠でその円周方向に少なくとも 2 以上に分割でき内周に固定子鉄心の外周の前記溝または前記突起に対応してスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起または溝を形成した治具に、固定子鉄心を係合させてスキューを形成し、スキューが形成された固定子を前記治具から取り外して密閉型圧縮機シェルの内側に取り付けることを特徴とする。

【0042】

【実施例】以下、本発明の実施例を図 1～図 9 に基づいて説明する。図 1～図 3 は本発明の実施例の集中巻電動機を示す。図 10～図 12 に示した従来の集中巻の電動機では固定子鉄心 61 を軸方向にまっすぐに積層してスキューが形成されていないため、ティース先端突出部 65 の周方向の端部 65a は、軸方向に沿って延びる直線状であったが、この実施の形態では、固定子鉄心 10 のティース先端突出部 15 の周方向の端部 15a が軸方向に対して傾くように積層してスキューが形成されている。

【0043】また、ティースへの巻線状態は図 3 に示すように、巻線用溝 19 内で異なる相の巻線同士 13 の間に巻線制振体 18 が介装されて互いに接触しており、図 11 の従来の巻線状態のように、巻線用溝内で異なる相の巻線同士 63-63 の間に隙間 100 があるものとは異なっている。

【0044】なお、固定子の構造、3 相巻線 13U, 13V, 13W の結線状態、3 相巻線 13U～13W の通電駆動状態などは従来例と同様である。以下に、詳しく説明する。

【0045】空気調和機や冷蔵庫の圧縮機などに使用される図 1 に示す電動機は、固定子 10 と回転子 20 からなり、固定子 10 は、固定子鉄心 11 に設けられた 6 本のティース 12 に、図 3 に示すように巻線 13 と固定子鉄心 11 の間にフィルム状またはインシュレータ等の絶縁物 17 を介して 3 相巻線 13U, 13V, 13W が施されている。

【0046】固定子鉄心 11 の外周部には切り欠き 16 が形成されており、この切り欠き 16 は、固定子 10 が圧縮機のシェル 90 の内側に焼きばめ圧入された状態で、前記シェルと固定子鉄心 11 との間に貫通孔として作用することになり冷媒の通路となる。

【0047】回転子鉄心 11 に形成した孔に配置される回転子 20 は、回転子鉄心 21 に永久磁石 22 が埋め込まれて構成されている。なお、永久磁石 22 は、図 1 に示すものに制限するものではなく、例えば、少なくとも

1層以上に逆円弧状に複数配置（埋め込む）したものであっても良い。

【0048】図2は図1に示した平面形状の固定子鉄心11を積層して構成される固定子10にスキューを形成した状態を示している。なお、固定子鉄心11以外の構成部品、例えば、巻線13を構成する13U、13V、13Wなどは、その描画を省略してある。

【0049】巻線13の巻線工法としては、ノズル巻工法、あるいはインサータ工法、あるいは銅線（巻線）の先端が固定子鉄心の天面側及び底面側の巻線用溝端を複数回通過して、ティース12に巻線を巻回する巻線工法のいずれによっても製造できる。

【0050】ノズル巻工法によって巻線13を施す場合、整列巻線が可能であり占積率が向上すると共に、電動機の軸方向長さを小さく抑えることが可能である、一方、巻回後に前記スキューを固定子10に形成する場合、固定子10にスキューを形成することによって巻線13に引張力が作用する。しかし、あらかじめ緩めに巻線13を施す、あるいは固定子鉄心11の軸方向の両端面または片端面に、スキューに対応する長さ分の空間を設けることで、引張力を緩和することが可能である。また、積層した固定子鉄心11にノズル巻工法を行う場合、巻線用溝19内にノズル移動するスペースが必要であり、隣接するティース12に巻回された同一巻線用溝19内に収納される巻線13同士の間隔が、前述の所定のスキュー角度範囲において十分確保できないような場合、巻線制振体18を用いると良い。

【0051】次に、インサータ工法によって巻線13を施す場合、巻線用溝19開口部の幅（隣接するティース先端突出部15間の隙間の幅）をノズル巻工法に比べて小さくできるため有効に磁束を鎖交させることができ、占積率も向上させることが可能であり、電動機の効率を向上できる。また、通常、挿入前の巻線13は、ティース先端突出部15の幅より大きく仮巻されており、かつその内周長はティース12（ティース先端突出部15より固定子鉄心11の外周側部）外周長より長くしてあるため、巻線用溝19内に装填したとき、固定子鉄心11の軸方向端部と巻線13の軸方向端部の内周部との間に、スペースが形成され、巻線後に固定子10にスキューを形成しても巻線13に引張力は作用しない。したがって、生産性および信頼性上有利となる。

【0052】最後に、銅線（巻線13）の先端が固定子11の天面側及び底面側の巻線用溝19端を複数回通過して、ティース12に巻線13を巻回する巻線工法の場合、巻線用溝19の開口部から巻線13を挿入する必要が無い場合、巻線用溝19の開口部の大きさを自由に設定でき、整列巻線を施すのも容易である。特に、固定子10にスキューを形成することにより、巻線用溝19の内周側の開口部から巻き線用ノズルが入らない、あるいは、仮巻した巻線13が挿入できないような場合であつ

ても、巻回が可能である。特に、巻数の少ない場合に有効であり、太線、平角線などを使用する場合に適している。

【0053】固定子鉄心11は、巻線13が巻回されているティース12と、回転子20外周に面し、ティース12の先端に、通常幅広に配置されたティース先端突出部15と、各ティース12間を連結する略環状のヨーク14からなる。

【0054】図2は図1に示した固定子10にスキューを形成した状態を示している。なお、本図においては、固定子鉄心11以外の部分、例えば巻線13などは、その描画を省略してある。

【0055】固定子10にスキューを形成することによって、主に回転力のムラによる振動を緩和できる。しかし、騒音、振動の原因としては半径方向の加振力や、特に集中巻の場合には隣接するティース12間における吸引力の影響があるため、スキューのみでは振動を十分に低減することができない。

【0056】なお、固定子鉄心11には、その外周に切り欠き16が形成されている。切り欠き16はティース12に対応した位置、すなわちティース12と同一線（固定子鉄心12の中心を通る径方向線）上に形成されており、ティース12と同様の角度が付されている。

【0057】図3は固定子10にスキューを形成し、かつ隣接するティースに巻回された同一巻線用溝19内に収納される巻線13同士が巻線制振体18を介して接触する状態を示したものである。

【0058】固定子10にスキューを形成する場合、スキュー角度と巻回されている巻線13の量により、あるスキュー角度を境にして隣接する各ティース12と、これらに巻回された巻線13が同一巻線用溝19内で、巻線制振体18を介して互いに接触するため、固定子10（固定子鉄心11）の強度を向上させると共に、巻線13により、ティース12の振動を抑制する固定子10の強度を向上できる。さらに、巻線制振体18を介して互いに接触する各巻線13のダンバ効果により、ティース12および巻線13の振動を抑制または減衰させられ、電動機の騒音、振動を低減できる。

【0059】特に、電動機の仕様により巻線量が少ない（占積率が低い）場合、巻線13の間に巻線制振体18を挿入することで、上記のような作用効果を確実に得ることができる。

【0060】巻線制振体18としては、非磁性体あるいは導電率： σ が

$$\sigma < 1 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$$

である材料で、さらに前記特性を有する材料で、かつ熱膨張係数： α が

$$\alpha > 1.1 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$$

である材料を使用することにより、振動を抑制できる。

【0061】導電率： σ が $\sigma < 1 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{m}$

である材料を使用した場合、隣接するティース 12 間で発生する磁束の変動による誘導電流の発生を抑制できるため、ジュール発熱を抑制した状態でティース 12 の振動を低減できる。

【0062】熱膨張係数：が $\alpha > 1 \cdot 1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ である材料を使用した場合、固定子鉄心 11 を構成する鉄系材料よりも熱膨張係数を大きくすることで、電動機運転時の発熱によってティース 12 の間をより強固に保持することができ、よりティース 12 の振動を抑制可能となる。特に高温で使用される場合には効果が大きくなる。

【0063】非磁性の巻線制振体 18 として PPS、PET、PBT、PA、PTFE などの樹脂成形品を使用することで固定子 10 の剛性を向上させる共に、振動の減衰効果を得ることも期待できる。特に、これらのポリエステル系樹脂は、密閉型圧縮機などのように、冷媒中で使用される場合に特に好適である。

【0064】なお、巻線 13 はティース 12 に絶縁物 17 (絶縁フィルム、インシュレータなど) を介して巻回すると良い。特に、密閉型圧縮機などのように、冷媒中で使用される場合、絶縁物 17 としてはポリエステル系のフィルムが好適である。冷媒としては、具体的には HFC などが使用でき、自然冷媒を使用することもできる。

【0065】固定子鉄心 11 と巻線 13 の絶縁にフィルムを用いる場合、コイルエンドと固定子鉄心 11 の軸方向の端面との空間絶縁距離を確保するために、フィルムの軸方向両端を所定の幅で折り返し、その端部が固定子鉄心 11 の端部に引っかかるようにすると良い。また、固定子鉄心 11 と巻線 13 を絶縁するフィルムを巻線用溝 19 に沿わせ、その端部を延長して、同一巻線用溝 19 内の異なる相の巻線 13 間の絶縁も同時に行っても良い。

【0066】また、固定子鉄心 11 と巻線 13 の絶縁には樹脂にて成形したインシュレータを巻線用溝 19 に沿わせて用いても良い。さらに、巻線 13 と絶縁支持部材 18 間に絶縁物 17 を挿入することも可能である。

【0067】図 4 は、固定子鉄心外周部変位量 (電動機運転時の加振力を固定子内径に設定) と固定子鉄心に形成されるスキュー角度、図 5 は、トルク脈動とスキュー角度の関係を示す。

【0068】図 4 は、固定子鉄心 11 を、ヨークを形成する円環の内側にティースを形成する突起、即ちリブを設けたものとして考えると、リブが軸方向にまっすぐではなく、円周方向にスキュー角度 4° 以上で捻られていることにより、円環振動が抑制される。

【0069】なお、図 4 は任意の一定荷重に対する固定子の外周変位量を示したものであり、例えば、荷重の増減により、図中に示す線図は上下に平行移動するが、どのような荷重においても、スキュー角度 4° で、変位量

は一定となる関係にある。

【0070】また、図 5 によれば、回転子 20 の極数が $N_p = 4$ である場合にスキュー角度を $30 (120/N_p)^\circ$ 以上で、トルク脈動が増大することが確認できる。従って、スキュー角度を 4° 以上、 $(120/N_p)^\circ$ 以下とすることにより、トルク脈動を低減しつつ、円環振動の固有振動数が高くなり、固定子鉄心の振動の変位量が低下するため、運転時の振動や騒音が低減できる。

【0071】巻線 13 を自己融着電線とし、固定子 10 にスキューを形成した後に、巻線 13 を加熱または通電することにより巻線 13 を固着させることで、巻線用溝 19 内で同相の巻線 13 同士がより強固に接触、固着するため、巻線 13 そのものの振動を抑制できる。

【0072】次に、本発明の電動機の固定子に適用されるスキュー形成について説明する。固定子 10 にスキューを形成する方法としては、二通りの方法が考えられる。一方は、巻回 (前述のインサート工法による巻線 13 の挿入含む。以下同様) 後にスキューを形成する方法であり、他方は、固定子 10 にスキューを形成した後に巻回する方法である。

【0073】前者による場合、巻線用溝 19 の開口部が軸方向にまっすぐであるので巻回が容易であり、生産性が良好である。後者による場合、固定子鉄心 11 をスキューした状態で巻回することから、巻回後、固定子 10 にスキューを形成する際に、巻線 13 を損傷することなく、絶縁性の良好な電動機の製造が可能である。

【0074】図 6 に固定子 10 にスキューを形成する具体例を示す。スキュー角度を θ_s 、電磁鋼板 40 の積層枚数を N_s としたとき、打ち抜いた電磁鋼板からなる固定子鉄心 11 の外周部付近に、回転中心に対して θ_h ピッチの小穴 41 を少なくとも同一円周上に N_s 個設ける。 θ_h は、 $\theta_h = \theta_s \div N_s (^\circ)$ である。

【0075】この小穴 41 を 1 つずつずらしながら固定子 10 にスキューを形成し、小穴 41 にピン 31 を通して固定子鉄心 11 を固定することで、容易に固定子鉄心 11 のスキュー角度を精度良く決め、固定できる。

【0076】例えば、4 極 6 巻線用溝の場合において、 15° のスキューを形成する場合、0.5 mm の厚みの電磁鋼板 40 を 80 枚積層し 40 mm の積厚とする場合、 $\theta_h = 15 \div 80 = 0.1875^\circ$ ピッチの微小な穴を少なくとも 80 個設けると良い。特に、容量の大きい、例えば、パッケージエアコンの圧縮機などに適用可能である。さらに、これらの穴は 180° 対称位置にも設けると、スキューの工程がより確実に行える。また、小穴 41 にピン 31 を通した後、固定子 10 外周を溶接または接着または加圧 (かしめ) により積層間の固着を行うことも可能である。この場合、巻線 13 の張力が強い場合であっても、固定子鉄心 11 の積層間の固着を保つことができる。

【0077】このような製造方法では、積層枚数が異なった場合には同一の打ち抜き形状の固定子鉄心11を使用できないが、図7に示す製造方法ではこの点を改善できる。

【0078】図7に示す製造方法では、図6における小穴41の代わりに、同一円周上に伸びた長孔42を、回転中心に対して $\theta h = \theta s + \alpha$ (°) (α はピンの幅に相当する角度)の角度にわたって設け、この長孔42にピン32を挿入した状態で積層した固定子鉄心11の下層に対して上層を軸心回りに捻って固定子10にスキューを形成した後、積層した固定子鉄心11の外周を溶接または接着または加圧(かしめ)により積層間の固着を行うことで、固定子鉄心11のスキュー角度を精度良く決め、固定する。

【0079】このように、積層が変更されても同一の打ち抜き形状を用いることができ、部品の共用化を図ることが可能である。なお、図7では長孔42は固定子鉄心11の周方向に1個しか設けていなかったが、複数個を設けて構成することもできる。

【0080】図8は固定子10にスキューを形成する他の具体例を示している。なお、図8において、巻線13などの固定子10を構成する要素の描画は省略している。

【0081】固定子鉄心11の外周部の少なくとも1箇所に溝43を設け、スキューを形成する前は、溝43が同一箇所に揃えられている。一方、固定子鉄心11の外側に嵌合するシェル90の内側には、溝43の位置に対応して、所定のスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起51が設けられており、前記シェル90に固定子鉄心11をシェル90に収める際に、固定子10にスキューを形成する。

【0082】このような製造方法により、固定子10に容易にスキューを形成できるため、生産性が向上する。この時、固定子鉄心11は圧入や焼きばめでも良いが、打ち抜いた電磁鋼板の1枚1枚が強く固着しているわけではないので、シメ代は小さい方が望ましい。また、隙間嵌めの場合は、シェル90と固定子鉄心11を固定する手段が必要である。

【0083】上記の説明では、固定子鉄心11の外側に嵌合するシェル90は、圧縮機のシェルであったので、固定子10にスキューを形成するための特別な治具を必要とせず、そのまま部品として利用でき、使用材料の低減や生産設備の簡素化ができ、生産性が向上する。

【0084】このシェル90に固定子10を収める前に、このシェル90と同様の筒状で、その円周方向に少なくとも2以上に分割することができ、内周面に溝43の位置に対応して、所定のスキュー角度だけ軸方向の回り方向に捻られた突起51が設けられた治具を使用し、この治具を使用してスキューが形成された固定子10を形成し、これをシェル90に収めるようにも構成でき

る。

【0085】さらに、固定子10にスキューを形成した場合について記載したが、図1に示すような永久磁石を埋め込んだ回転子20にスキューを形成した場合も、電動機の振動を抑制する、あるいはスキューを形成されていない回転子と比較し、有利な作用効果を得ることが可能となる。

【0086】そして、さらに、スキュー角度は固定子10と回転子20により形成される相対的な角度であるため、回転子20にスキューを形成した場合、固定子10に形成するスキュー角度を小さくすることができ、固定子10の製造がより容易になる。このときの相対的な角度は4°以上、 $(120/Np)$ °以下であり、固定子10のスキューの傾き方向と回転子20のスキューの傾き方向とは、逆方向に形成される。

【0087】上記の各実施例では、固定子鉄心11に溝43を形成し、シェル90または前記治具に前記溝43に係合する突起51を形成したが、固定子鉄心11に突起を形成し、シェル90または前記治具に固定子鉄心11の側の突起に係合する溝を形成しても同様に構成できる。

【0088】上記の各実施例では、固定子鉄心11が取り付けられるシェル90は密閉圧縮機のシェル90であったが、各種装置のアクチュエータとして使用される電動機のシェルであっても同様に実施できる。

【0089】図9にスキューを形成した回転子20を示す。スキューが形成された回転子20は、回転子20の軸方向に2つに分割された回転子鉄心ユニット21A、21Bで構成されている。回転子鉄心ユニット21A、21Bは、いずれも、回転子20の軸方向に磁石埋め込み孔23が設けられている。

【0090】回転子鉄心ユニット21Aと回転子鉄心ユニット21Bとは、それぞれの磁石埋め込み孔23に永久磁石22A、22Bを埋め込み、円周方向に任意の角度回転だけずらせて一体に形成した回転子鉄心21によって構成されている。

【0091】このように構成したため、回転子20は、永久磁石22A、22Bが上下に分割はされているものの、回転子20の端面側から投影した場合、X状に配置されており、例えば、永久磁石22Aの一方側面(例えば、N極)から永久磁石22Bの他方側面(前記永久磁石22Aの一方側面がN極の場合、S極)に磁束が流れ、漏れ磁束を低減できる。

【0092】また、回転子20へのスキュー形成は、固定子10へのスキュー形成と同様に連続的に行っても良く、このような場合、永久磁石22A、22Bは射出成形などが可能である樹脂磁石とすると、その製造が容易となる。

【0093】図9では回転子鉄心21が、2つの回転子鉄心ユニット21、21Bで構成したが、回転子20の

軸方向に少なくとも2つに分割され、円周方向に任意の角度回転だけずらせて一体に形成して構成すればよい。

【0094】上記の各実施例では、固定子10または固定子10と回転子20の両方にスキューを形成したが、回転子20にだけスキューを形成して構成することもできる。

【0095】なお、これらの電動機は密閉型圧縮機だけでなく、移動体（例えば、自動車、電動車椅子、電気自転車、あるいは電動配膳車など）のアクチュエータや、移動体に搭載された空気調和機の冷凍サイクルに使用することができ、同一の移動体に搭載されたバッテリーによる駆動に際しても、電動機の効率が高いため、バッテリーの電力消費を低減できる。また、電動機の効率が高いため、同じ出力を得るために必要な電動機の大きさを従来よりも小さくできる。

【0096】また、電動機運転用の電源がバッテリーである場合、すなわち、電動機の巻線の端子間にかかる電圧が50ボルト以下、例えば、12、24または42ボルトなどである時、電動機の効率が高いためバッテリーの電力消費を低減でき、長時間運転ができる。

【0097】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、固定子と回転子の少なくとも一方にスキューが形成され、かつ前記固定子の巻線用溝内の巻線間に巻線制振体を挿入したので、固定子の強度を向上させ、さらに、ティースおよび巻線の振動を抑制または減衰させることが可能であり、低振動、低騒音を実現できる。また、特に占積率が低い場合であっても、容易に巻線用溝内の巻線を支持できる。

【0098】また、回転子は回転子鉄心内部に永久磁石が埋め込まれているので、永久磁石によるマグネットトルクとロータの突極性に起因するリラクタンストルクを有効に利用することができ、電動機の高効率化を実現できる。さらに、回転子にスキューを形成しているので、コギングトルクおよびトルク脈動を低減でき、かつ固定子に形成するスキュー角度を小さくできる。さらにまた、回転子スキューは、回転子軸方向に少なくとも2つに分割された回転子鉄心ユニットを、円周方向に任意の角度回転させ一体的に形成された固定子鉄心に永久磁石を埋め込み形成されているので、漏れ磁束を低減することができ、さらなる高効率を実現できる。

【0099】また、スキュー角度は、極数が N_p である場合、固定子と回転子により形成される相対的なスキュー角度が、 4° 以上、 $(120/N_p)^\circ$ 以下としたので、円環振動が抑制され、かつ固有振動数が高くなり、固定子鉄心振動の変位量が低下し、運転時の振動や騒音が低減できる。さらに、固定子と回転子共にスキューを形成した場合、各々に形成するスキュー角度を小さくすることができ、生産性を向上できる。

【0100】また、自己融着電線を用いているので、巻

線を含めた固定子の剛性を向上させることができ、さらなる巻線の振動を抑制または減衰できる。また、固定子は、打ち抜いた電磁鋼板の外周部付近に設けた $\theta_h = \theta_s \div N_s$ ($^\circ$) ピッチの小穴を1つずつずらしながらスキューが形成され、かつ電磁鋼板外周部付近に設けた小穴にピンが挿通され、あるいは、打ち抜いた電磁鋼板の外周部付近に、回転中心に対して、 $\theta_h = \theta_s + \alpha$ ($^\circ$) (α はピンの幅に相当する角度)の角度にわたって、同一円周上に伸びた長穴を1個または複数個設け、前記長穴にピンを挿入した状態で固定子にスキューを形成し、かつ固定子外周を溶接または溶着あるいは加圧により積層された電磁鋼板を固定することにより、固定子鉄心のスキュー角度を容易に精度良く形成できる。

【0101】また、上記特有の効果を有する本発明による電動機を密閉型圧縮機あるいはカーアクチュエータ、または前記密閉型圧縮機を冷凍サイクルあるいは空気調和機、または自動車に用いているので、これら機器の低振動、低騒音を実現できる。

【0102】さらに、これら機器に用いられている密閉型圧縮機用の電動機の固定子鉄心のティースに対応した外周に冷媒通過用の切り欠きを形成しているので、磁束が通過するために必要な磁路を確保することが可能であり、電動機の効率低下を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の集中巻線電動機の断面図

【図2】同実施例の固定子の斜視図

【図3】同実施例の固定子鉄心のティースおよび巻線用溝部の断面図

【図4】同実施例の固定子鉄心外周部変位量と固定子鉄心に形成されるスキュー角度の特性図

【図5】同実施例のトルク脈動とスキュー角度の特性図

【図6】本発明の電動機を構成する固定子の第一の製造方法を示す斜視図

【図7】本発明の電動機を構成する固定子の第二の製造方法を示す斜視図

【図8】本発明の電動機を構成する固定子の第三の製造方法を示す斜視図

【図9】本発明のスキューを形成した回転子を示す図

【図10】従来の集中巻電動機の断面図

【図11】従来の集中巻電動機における固定子鉄心のティースおよび巻線用溝部の断面図

【図12】従来の集中巻電動機における固定子鉄心の斜視図

【符号の説明】

10 固定子

11 固定子鉄心

12 ティース

13 巻線

14 ティース根元のヨーク

15 ティース先端突出部

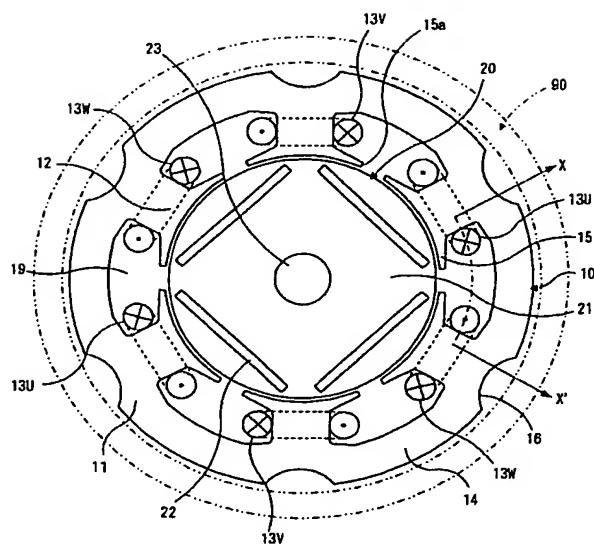
17

18

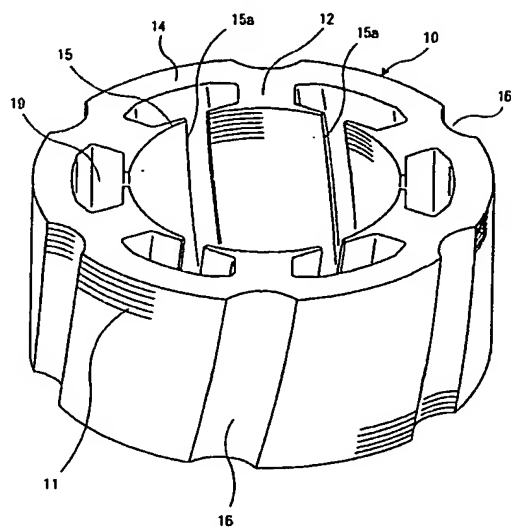
- 16 切り欠き
17 絶縁物
18 巻線制振体
19 巻線用溝

- 20 回転子
21 回転子鉄心
21A, 21B 回転子鉄心ユニット
22 永久磁石

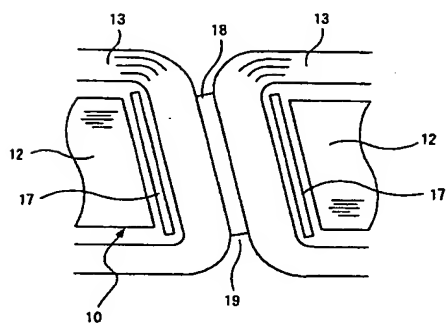
【図1】



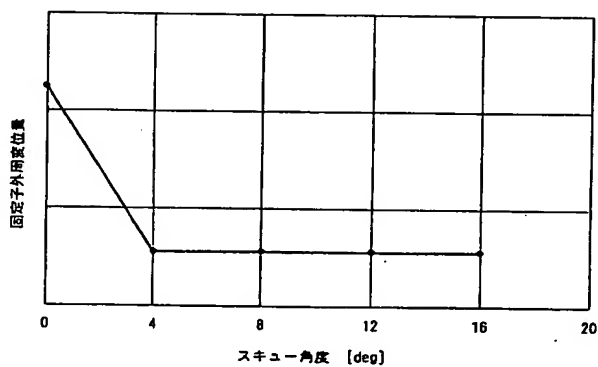
【図2】



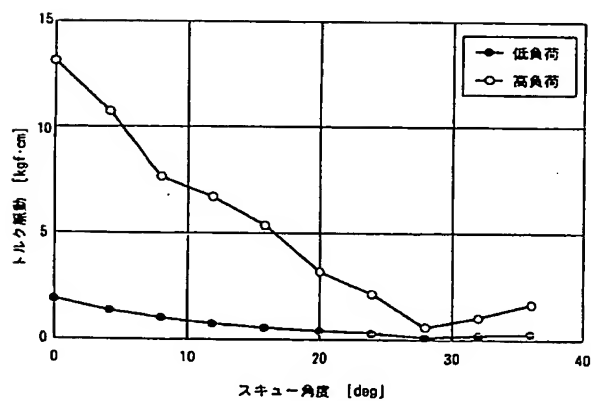
【図3】



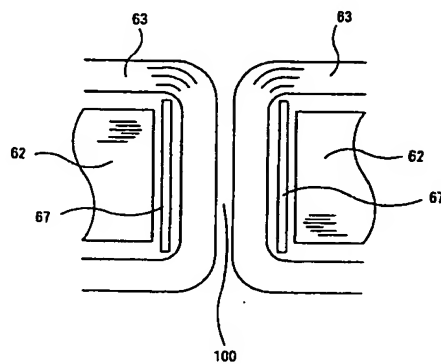
【図4】



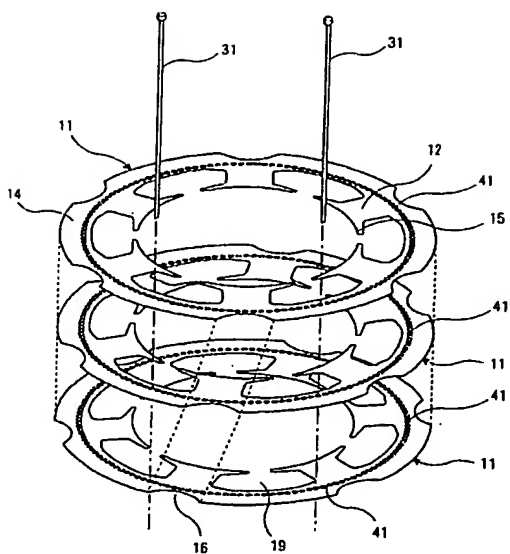
【図5】



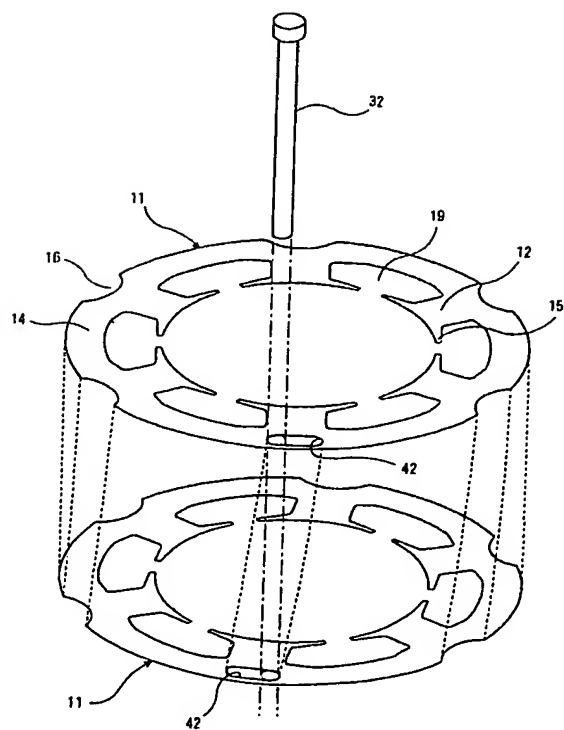
【図11】



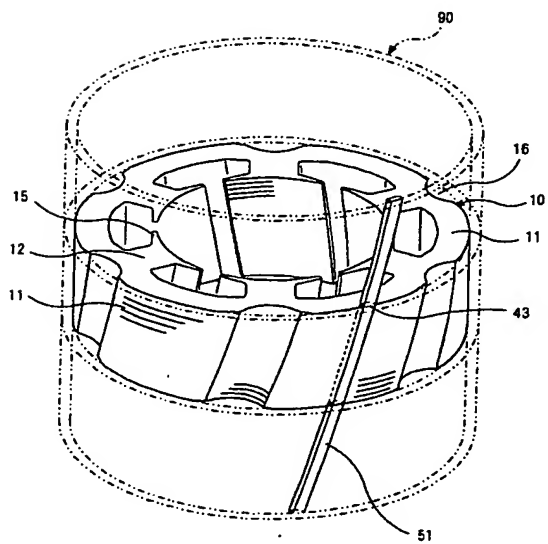
【図6】



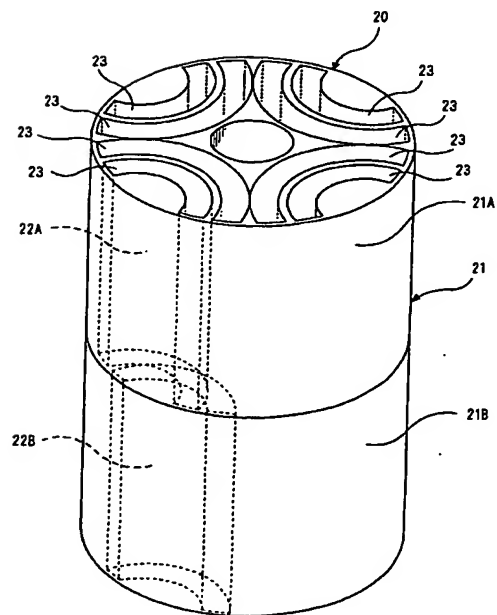
【図7】



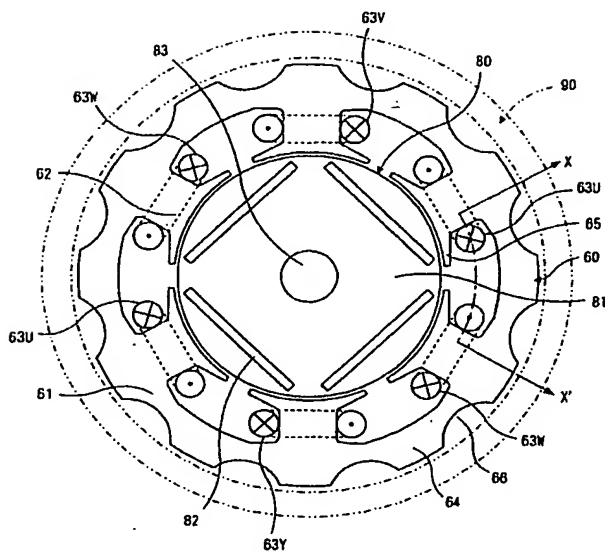
【図8】



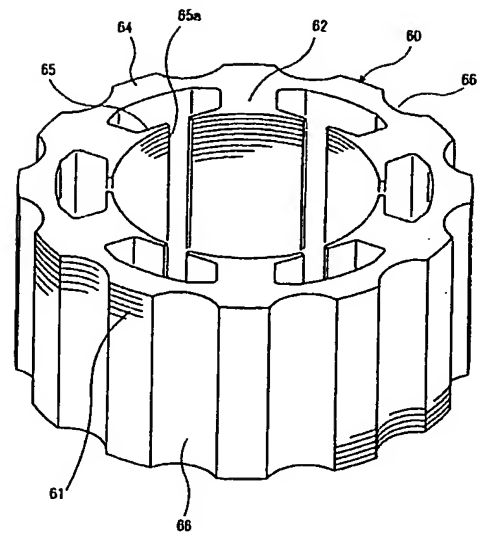
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H 0 2 K 1/27
3/34
15/02
21/16

識別記号

F I

H 0 2 K 1/27
3/34
15/02
21/16

テ-マ-コ-ト (参考)

5 0 1 M
B
F
M

(72) 発明者 片岡 久和

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 橋本 直

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 奥山 進一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 村上 浩

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

F タ-ム (参考) 5H002 AA04 AA09 AB04 AB06 AC02
AC03 AC08 AE08
5H604 AA00 BB01 BB14 CC01 CC05
CC15 CC16 DA16 DB01 DB19
PB01 PB02 QA01
5H615 AA01 BB01 BB14 PP01 PP08
PP09 PP10 PP13 PP18 PP28
QQ02 QQ12 QQ19 RR01 SS05
SS16 SS19 SS20 TT03 TT36
5H621 AA00 BB10 GA01 GA04 HH01
JK07 JK13
5H622 AA00 CA02 CA07 CA13 CB01
PP10